

УДК 658.788:504.03

DOI: 10.15587/2312-8372.2019.180371

## ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛОПОТОКОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН

Хара М. В., Лямзин А. А.

### 1. Введение

Промышленные предприятия и географические зоны их локации – это сложные территориальные образования, совместно использующие природные, материальные, трудовые и экологические ресурсы [1, 2].

Техническая система материалопотоков промышленных предприятий функционирует в закрытой территории. Её экологическая область занимает определенную территорию и объем, и отделяется от промышленных зон природными или антропогенными границами. Границы могут быть определены с позиций стороны, контролирующей экологию статичными границами, или размытыми, так называемыми подвижными границами.

Каждая составляющая область экологии промышленных зон имеет свои свойства, те, которыми она отличается (или похожа) от остальных: физическую, химическую, биологическую или комплексную особенность, которая проявляется во время взаимодействия транспортной и экологической систем. Учитывая существующий теоретический базис, определяющий условия устойчивости транспорта, для выполнения поставленных в работе задач будем рассматривать эффективность транспортных систем и экологическую безопасность их работы, как единое целое.

Поэтому актуальным является исследование влияния материалопотоков на окружающую среду промышленных зон.

### 2. Объект исследования и его технологический аудит

*Объектом исследования* в данной работе определена транспортная составляющая, как базовый элемент среды промышленных зон (СПЗ). СПЗ включает в себя:

- улично-дорожную сеть промышленной зоны, обеспечивающая внутренние и внешние транспортные связи;
- подвижной состав;
- подъездные железнодорожные пути и станции;
- грузовые причалы, пристани и другие инженерные сооружения;
- учреждения и предприятия обслуживания, функционирующие в промышленных зонах.

Объект исследования можно отнести ко второй группе источников негативного воздействия на экологическую устойчивость (ЭУ) транспорта в среде промышленных зон.

Особенностью данного объекта является факт того, что источники загрязнения равномерно распределены по некоторой площади в среде промышленных зон. В

качестве собственно транспортного источника, как источника загрязнения рассматривается сеть дорог отдельного промышленного района, в границах которого осуществляется движение транспортных средств [3]. Критерием для деления среды промышленных зон на кварталы служат как их административные границы, так и параметры развития улично-дорожной сети (УДС) (в частности, плотность УДС).

Основным недостатком, присущем данному объекту в существующих условиях функционирования, является то, что передвижные источники и их влияние на экологическую устойчивость транспортной системы (ЭУТС) в явном виде мало зависит от условий движения. Поэтому при выявлении доли влияния транспортных источников на общий уровень ЭУТС для разработки организационных мероприятий по его стабилизации данные методы становятся малоинформативными.

Данный факт, в свою очередь, затрудняет процесс поиска критериев определяющих реальную оценку ЭУТС, и тем самым делает процесс управления ЭУТС малоэффективным.

### **3. Цель и задачи исследования**

*Целью исследования* является нахождение механизмов, способных выделять и количественно оценивать только ту составляющую ЭУТС, которая приходится на долю транспорта в среде промышленных зон. При этом они должны быть чувствительны к изменению ЭУТС, вызванного организационными мероприятиями, направленными на обеспечение безопасности СПЗ.

Исходя из цели, поставлены следующие задачи, требующие решения:

1. Сформулировать особенности экологической характеристики промышленной транспортной площадки с элементами, ограничивающими ее адекватность.
2. Сформировать механизм количественной оценки техногенного влияния материальных потоков на среду ситирайонов.
3. Разработать механизм определения комплексной оценки загрязненности природной ситисреды.
4. Сформировать критерий, позволяющий оценивать приемлемый уровень состояния промышленной среды.

### **4. Исследование существующих решений проблемы**

Среди основных направлений решения проблемы, связанной с теоретическим описанием механизмов воздействия транспортных источников на ЭУ, выявленных в ресурсах мировой научной периодики, могут быть выделены [4, 5]. Но в них не рассмотрены закономерности влияния надежности подвижного состава на окружающую среду.

В результате выполненных исследований сформировался подход, в котором транспортные источники относят к наземным непрерывно действующим источникам с переменной мощностью воздействия на экологическое равновесие СПЗ. В некоторых исследованиях для оценки степени влияния на ЭУ транспортных источников, они представляются как стационарные точечные. Это позволяет экстраполировать на передвижные источники закономерности воздействия на экологическую устойчивость СПЗ

стационарных источников. При этом стационарными источниками назначают линейные элементы транспортного каркаса, а воздействие на узловых точках каркаса рассматривается как фоновое [6].

В этих условиях материалопотоки функционируют в замкнутых границах промпредприятия, однако их техногенные факторы влияют на технологически разомкнутую систему.

Процессам, происходящим в границах промышленных предприятий и их промышленных зон для систем промышленного транспорта посвящена работа [7], но есть не решенным вопрос взаимодействия источников загрязнения и среды. О значимости этого вопроса указано в работе [8]. Однако в этой работе не до конца раскрыта степень влияния логистических механизмов на эти процессы.

Анализ результатов деятельности транспорта в среде промышленных зон, отображает проблему накопления вредных веществ за определенный период времени в почве, водоемах, воздухе создает реальную опасность для здоровья людей [9]. Следует выделить тот факт, что в анализируемой системе окружающей природной среды формируется состояние большого числа её составляющих согласно закону совокупности природных факторов. Воспользуемся работами [10, 11] и примем, что при изменении в открытой системе числа факторов и связей между ними изменяется энтропия системы. Вопросом управления устойчивостью экосистемы в критических состояниях посвящена научная работа [12]. Однако описанные параметры не имеют фактических подтверждений взаимосвязи экологической и технической систем.

Кластер надежности и экологичности материалопотоков предприятий в промышленных зонах имеет классическое определение [13], но остается вопрос исследования факторов влияния на среду.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что особенность и принципиальное отличие от известных публикаций предлагаемого вниманию исследования состоит в том, что в нем предоставлены результаты анализа закономерностей зависимости экологичности от технического состояния материалопотоков предприятий в промышленных зонах.

## **5. Методы исследований**

При исследовании объекта был реализован комплексный подход, который включает в себя: теорию транспортных процессов и систем, теорию надежности и теорию восстановления, а при анализе влияния на среду материалопотоков использовано инновационное направление – ситилогистика.

## **6. Результаты исследований**

Экологическая система промышленной зоны в сравнении с технической является наиболее полной, комплексной системой, которая включает все природные и искусственные подсистемы.

В открытой системе транспортные загрязнители рассеиваются за пределы границ промпредприятия, и в промзону доходит их определенная часть, как трансформация источника. Назовем коэффициентом трансформации  $K_{mp}$

отношение действия транспортного источника  $D_u$  к величине действия, которое дошло до промзоны  $D_p$  ( $K_{mp} = D_u / D_p$ ).

Этот показатель для границ промышленной площадки  $K_{mp} = 1,0$ , для рассеивания в пределах промзоны  $K_{mp} < 1,0$ .

В системе материалопотоков вследствие взаимодействия составляющих образуются сложные транспортные звенья, сети и границы, а с учетом возвратных действий – замкнутые контуры экологических воздействий на окружающую среду. Эти свойства –  $B$  или их показатели –  $\Pi$  находятся в функциональной зависимости от величины –  $D$  факторов влияния на среду материалопотоков и их транспортных процессов.

Система материалопотоков имеет несколько факторов влияния на среду и выражается многофакторной зависимостью:

$$B = f(D_1, D_2, \dots, D_z), \Pi = f(D_1, D_2, \dots, D_z). \quad (1)$$

Адекватность между компонентами материалопотоков и окружающей средой в пределах площадки в замкнутом состоянии характеризуется условием:

$$Q_B = Q_{oc}, \quad (2)$$

где  $Q_B$  – абсолютная организация промышленно-транспортной системы (ПТС);

$Q_{oc}$  – абсолютная организация внешней для транспортных систем среды в пределах границ промышленного предприятия.

Условие их статического равновесия имеет вид:

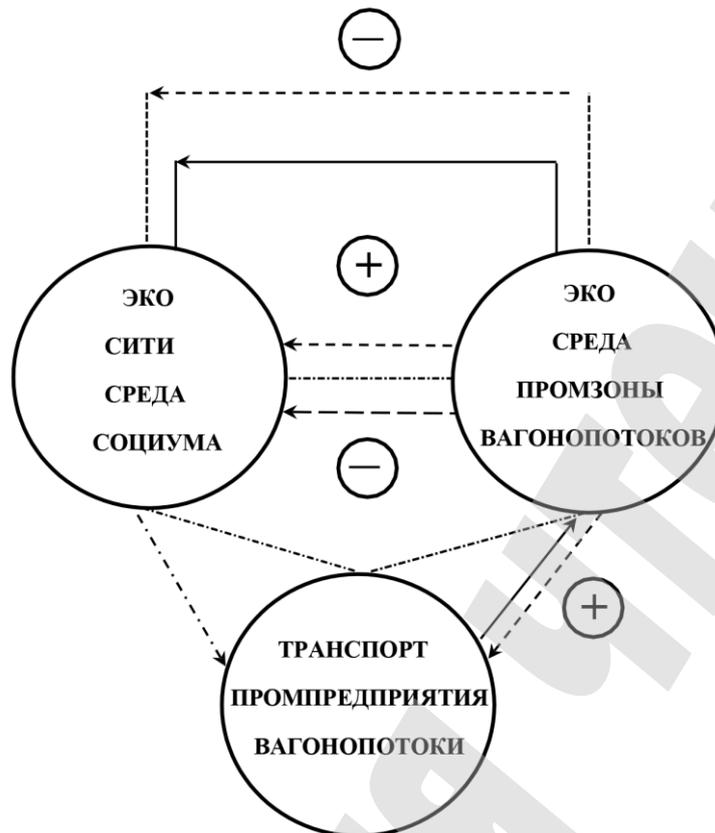
$$Q_B - Q_{oc} = 0. \quad (3)$$

При нарушении этого равновесия компоненты, влияющие на среду системы, изменяются на величину  $dQ_B$  за счет неисправностей, отказов, восстановительно-ремонтных процессов за интервал времени  $dt$ . Тогда условие динамического равновесия можно представить следующим образом:

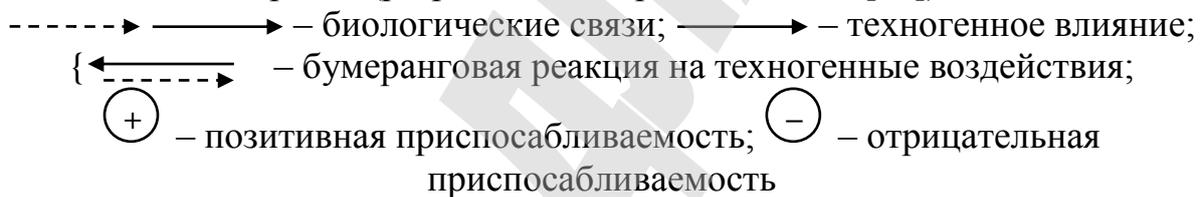
$$\frac{dQ_B}{dt} = \Delta Q_{oc} - \Delta Q_B. \quad (4)$$

Автономность (замкнутость) экосистемы предприятия относительна, так как каждая экосистема – это система открытого вида, имеющая связь с окружающей средой. Окружающая среда влияет на транспорт материалопотоков.

Экосистема в границах промпредприятия является частью системы более высокого уровня, она состоит из компонентов, которые образуются взаимодействием ее подобъектов: материалоопотоков, экосреды промзоны и экоситисреды социума (рис. 1).



**Рис. 1.** Взаимодействие в системе «промышленный транспорт – окружающая среда» (разработка авторов на основе [11]):



Для оценки проектной (абсолютной) организации структурных, функциональных и управленческих компонентов системы материалопотоков воспользуемся определением нормы абсолютной организации компонента системы [14]:

$$Q_{ni} = \frac{\sum_{j=1}^m y_j^{(i)} \cdot Q_{nj}^{(i)}}{\sum_{j=1}^m y_j^{(i)}}, \quad (5)$$

где  $Q_{ni}$  – норма (показатель) абсолютной организации  $i$ -го компонента, соответствующий целям системы материалопотоков;

$Q_{nj}^{(i)}$  – норма (показатель) абсолютной организации  $j$ -го компонента среды для  $i$ -го компонента системы материалопотоков;

$y_j^{(i)}$  – жесткость (допустимый предел колебаний) нормы  $Q_{nj}^{(i)}$ .

Как правило, транспортные системы материалопотоков промпредприятия рассчитываются на длительный срок и тогда норма (показатель исправности,

надежности, восстанавливаемости) отслеживается значением изменения от начального состояния до текущего состояния и тогда:

$$Q_{ii} = \frac{\sum_{j=1}^f y_j^{(i)} \cdot Q_{ij}^{(i)}}{\sum_{j=1}^f y_j^{(i)}}. \quad (6)$$

Система материалотоков является источником поступления загрязнителей в природную среду и естественное состояние равновесия оказывается нарушенным. Поступающие вещества загрязнителей непрерывно включаются в кругооборот веществ между геофизическими средами.

В тоже время отметим, что полностью закрытых систем нет. Открытость свойств техно-экологичности системы материалотоков характеризует степень её зависимости от окружающей среды и влияния на неё.

В зависимости от особенности техно-экологической системы её связи с экосистемой окружающей среды могут быть большими или меньшими. Для техногенных систем большая открытость означает большее использование природных ресурсов и большее количество промышленных отходов.

В открытой системе окружающей природной среды формируется состояние большого числа её составляющих согласно закону совокупности природных факторов. Воспользуемся работами [10, 11] и примем, что при изменении в открытой системе числа факторов и связей между ними изменяется энтропия системы. Под воздействием управляющих воздействий экосистема стремится достичь равновесного состояния. Если  $Q'$  – абсолютная организация системы, то продифференцировав  $Q'$  по времени получим:

$$\frac{dQ'}{dt} > 0, \text{ если } a > b; \quad (7)$$

где  $a$  – const от производной максимальной энтропии системы;

$b$  – const от производной текущей энтропии системы.

В открытой системе можно считать, что увеличение числа состояний системы определяется разницей между максимальной неопределенностью состояния системы и её текущей абсолютной организацией. Исходя из этого утверждения можно воспользоваться следующей эмпирической формулой [12]:

$$\Delta X^s(t) = \beta_i [H_{\max}^s(t) - Q^s(t)] = \beta_i H^s(t), \quad (8)$$

где  $\Delta X^s(t)$  – увеличение числа состояний системы;

$H_{\max}^s, H^s$  – максимальная и текущая энтропия системы;

$Q^s$  – абсолютная организация системы;

$\beta_i$  – коэффициент пропорциональности и размерности.

Таким образом, модель прогнозирования характеристик состояния открытой системы может быть представлена в виде:

$$X^s(t) = X_0^s + \beta H^s(t), \quad (9)$$

где  $X_0^s$  – числовая характеристика состояния системы в начальном состоянии, т. е.  $t=0$ .

Окружающая промпредприятие экосистема – это составная часть (подсистема) более высокого уровня, но и она сама состоит из меньших компонентов. Построение иерархической схемы экопромышленной среды зависит от типа транспортной системы предприятия (для металлургических, химических, машиностроительных и др. предприятий) и целей, которые ставит перед собой исследователь. Такой подход позволяет учитывать как внешние связи, так и внутренние связи между подсистемами.

Для оценки степени автономности экосистемы промышленной площадки по отдельным загрязнителям воспользуемся коэффициентом рециркуляции:

$$K_p = \frac{B_g}{B_c}, \quad (10)$$

где  $B_c$  – общая сумма количества веществ загрязнителей, проходящих через систему в определенное время;

$B_g$  – количество вещества, которое циркулирует в самой системе, не выходя за её границы (за это время).

Количественная оценка техногенного влияния материалопотоков на среду приводит к деформации свойств среды. Коэффициентом деформации  $KД$  назовем отношение величины изменения значения показателя (свойств, процесса, параметра) под влиянием техногенности действий  $Z_m$  к соответствующему фоновому природному значению  $Z_\phi$ :

$$KД = \frac{Z_T}{Z_\phi} = \frac{Z_T - Z_\phi}{Z_\phi}, \quad (11)$$

где  $Z_T$  – текущее значение показателя (свойств, параметра).

Сравнительно-границный метод оценки загрязненности основывается на сопоставлении уровня фактической загрязненности (воздуха, воды, грунта) любым загрязнителем (3) со значением допустимой для организма загрязненности.

В качестве допустимой загрязненности принимаются санитарно-эпидемиологические значения для организма как гранично-допустимые ( $ГД$ ). Оценочным показателем загрязненности является коэффициент загрязненности среды:

$$K_{зд} = \frac{\sum_{i=1}^{\kappa} \left( \frac{3}{\Gamma Д} \right)}{K_{II}}, \quad (12)$$

где  $K_{II}$  – количество загрязняющего вещества.

Для комплексной оценки загрязненности природной среды воспользуемся показателем загрязнения среды  $K_{зд}$  по коэффициентам загрязнения среды:

$$K_{зд} = A \cdot K_{за} + Г \cdot K_{зГ} + Л \cdot K_{зЛ}, \quad (13)$$

где  $A, a$  – атмосфера;  $Г, г$  – гидросфера;  $Л, л$  – литосфера.

Зависимость свойств или показателей окружающей среды системы грузопотоков от величины действующих факторов –  $\Phi$  назовем экологической характеристикой промышленной транспортной площадки:

$$B = f(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n). \quad (14)$$

К таким факторам относятся:

- несовершенство технологии перевозочного процесса;
- сверхнормативные сроки простоя, недостаточный темп изменения структуры транспортных парков;
- потери части продукции;
- использование подвижного состава с неисправностями;
- отказы подвижного состава;
- аварии и их последствия;
- потери утечки продукции;
- загрязнение на пунктах подготовки и ремонта подвижного состава;
- другие факторы, перечисленные выше.

Ущерб природным ресурсам причиненный материальными объектами материалопотоков выражается поступлением в природную среду газообразных, твердых и жидких веществ, оказывающих отрицательное влияние на компоненты атмосферы  $\{A\}$ , гидросферы  $\{Г\}$ , литосферы  $\{Л\}$ .

Связь между техногенными факторами материальных объектов материалопотоков промпредприятия и окружающей средой реализуется через передаточную функцию. Передаточная функция корректирует явления рассеивания, трансформации и других преобразований.

Передаточная функция системы  $H(s)$  преобразует нагрузку от факторов негативного влияния материалопотоков  $Y_n(s)$  входящих в среду в соответствующую реакцию на выходе факторов ущерба  $F_Y(s)$ , образуя функцию связи:

$$H(s) = \frac{Y_n(s)}{F_Y(s)}. \quad (15)$$

Индивидуальные факторы ущерба и реакции выхода образуют передаточную матрицу (табл. 1).

При перевозке опасных грузов промтранспорта авария ведет к отклонению от допускаемых условий эксплуатации вагонопотоков.

Таблица 1

Передаточная матрица организации связи

Среда	Передаточная функция $j$ -го фактора «техносфера – среда»					
	1	2	...	$j$	...	$n$
Атмосфера {А}	$H(s)a1$	$H(s)a2$	...	$H(s)aj$	...	$H(s)an$
Гидросфера {Г}	$H(s)z1$	$H(s)z2$	...	$H(s)zj$	...	$H(s)zn$
Литосфера {Л}	$H(s)л1$	$H(s)л2$	...	$H(s)лj$	...	$H(s)лn$

К опасным грузам относятся: взрывчатые и пиротехнические вещества, газы, легковоспламеняющиеся жидкости и твердые вещества, ядовитые, инфекционные и окисляющие вещества, органические перекиси, радиоактивные вещества и т. д.

Территория, в пределах которой обнаруживается вредное воздействие, носит название зона поражения при аварийной ситуации.

Величина ущерба, наносимого в результате аварии окружающей среде, в общем виде определяется по формуле:

$$V = V_a + V_g + V_z + V_o + V_\phi, \quad (16)$$

где  $V_a$  – ущерб от выбросов вредных веществ в атмосферу;

$V_g$  – ущерб от попадания загрязняющих веществ в водоемы;

$V_z$  – ущерб от загрязнения и деградации земли;

$V_o$  – ущерб от засорения территории или водоема отходами (мусором);

$V_\phi$  – ущерб от негативного воздействия на объекты растительного и животного мира.

Последствия аварийных ситуаций зависят от месторасположения источника аварии, особенности формирования разливов, а также физико-механических и химических свойств загрязнителя. Эти особенности, а также природно-климатические условия диктуют соответствующие методологические и технические мероприятия, направленные на снижение воздействия на окружающую среду.

В общем случае план ликвидации последствий аварии включает в себя следующие этапы:

- оценку масштабов и опасность аварии, определение плана и объема работ, состава исполнителей;

- обнаружение и локализацию источника аварии;

- сбор разлитой жидкости или загрязнителя;

- безопасное хранение и удаление собранного загрязнителя;

- восстановление пораженных участков;

– организацию системы мониторинга.

Химическое загрязнение почв и грунтов оценивают по суммарному показателю химического загрязнения  $Z_c$ . Суммарный показатель химического загрязнения характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемых территорий вредными веществами и определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных компонентов загрязнения по формуле:

$$Z_c = K_c + \dots + K_{ci} + \dots + K_{cn} - (n-1), \quad (17)$$

где  $n$  – число определяемых компонентов;

$K_{ci}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над фоновым значением.

При загрязнении транспортными процессами материалопотоков почвы веществами органического или неорганического происхождения оценивается степень загрязнения почвы.

Основными показателями качества атмосферного воздуха на транспортной площадке считаются предельно допустимые концентрации вредных веществ (ПДК) в атмосферном воздухе на высоте 2 м от поверхности земли.

При одновременном содержании в воздухе нескольких веществ материалопотоков однонаправленного действия должно выполняться условие:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (18)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – концентрация 1, 2, ...,  $n$  вредных веществ в воздухе;

$n$  – число вредных веществ в воздухе.

Качество атмосферного воздуха подвергается периодическому контролю, т. е. проводится проверка соответствия показателей атмосферного воздуха требованиям нормативно-технической документации. Контролируют качество воздуха, количество выбросов и другие параметры атмосферы. Для оценки качества атмосферного воздуха используют единичные и комплексные показатели загрязнения атмосферы (17).

В результате аварии величина ущерба от выбросов вредных веществ в атмосферу определяется по формуле:

$$V_a = M_{i_{атм}} \cdot H_{\delta_{i_{атм}}} \cdot K_{\mathcal{E}} \cdot K_{И}, \quad (19)$$

где  $M_{i_{атм}}$  – фактический выброс  $i$ -го загрязняющегося вещества;

$H_{\delta_{i_{атм}}}$  – базовый норматив платы за выброс 1 т  $i$ -го загрязняющегося вещества в пределах установленных лимитов;

$K_{\mathcal{E}}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости ситирайона, где произошла авария;

$K_{И}$  – коэффициент индексации к базовым нормативам платы.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников (погрузо-разгрузочные работы, ремонтные процессы с подвижным составом), плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов, определяется по формуле:

$$P_{n_{атм}} = \sum_{i=1}^n C_{n_{атм}} \cdot M_{n_{атм}} \quad (\text{при } M_{i_{атм}} \leq M_{H_{i_{атм}}}), \quad (20)$$

где  $i$  – вид загрязняющего вещества;

$C_{H_{i_{атм}}}$  – ставка платы за выброс 1 т  $i$ -го загрязняющегося вещества в пределах допустимых нормативов выбросов;

$M_{i_{атм}}$  – фактический выброс  $i$ -го загрязняющегося вещества;

$M_{H_{i_{атм}}}$  – предельно допустимый выброс  $i$ -го загрязняющегося вещества.

Ставка платы за выброс 1 т  $i$ -го загрязняющегося вещества в пределах допустимых нормативов выбросов определяется по формуле:

$$C_{n_{атм}} = H_{\text{бн}i_{атм}} \cdot K_{\text{э}атм}, \quad (21)$$

где  $H_{\text{бн}i_{атм}}$  – базовый норматив платы за выброс 1 т  $i$ -го загрязняющегося вещества в пределах в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов;

$K_{\text{э}атм}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном ситирайоне.

Плату за превышение допустимых выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников (вагонопотоков) можно определить по формуле:

$$P_{\text{сн}трас} = \sum_{j=1}^p P_{n_j} \cdot d_j, \quad (22)$$

где  $j$  – тип транспортного средства;

$p$  – количество транспортных средств;

$P_{H_j}$  – плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ от  $j$ -го типа транспортного средства;

$d_j$  – доля транспортных средств  $j$ -го типа, не соответствующих стандартам (определяется как отношение количества транспортных средств, не соответствующих требованиям стандартов, к общему количеству проверенных транспортных средств).

Производственные сточные воды от ремонтируемых вагонов, как правило, загрязнены нефтепродуктами: мазутом, смазочными материалами, бензином, керосином. Кроме того, в сточных водах могут присутствовать фенолы, взвешенные частицы, органические (краска, растворители) и синтетические поверхностно-активные вещества, соли тяжелых металлов.

Бытовые стоки содержат органические загрязнители (соединения углерода и азота), поверхностные включают в себя дождевые и снеговые стоки со стационарных площадок, территорий предприятий, отстоя подвижного состава, крыш производственных и служебно-технических зданий. Поверхностные воды смывают в почву такие опасные вещества, как щелочи.

Ущерб от попадания загрязняющих веществ в водоемы, приводящих к изменению качества воды в результате аварии [9], рассчитываются по формуле:

$$y_{\text{в}} = 25 \sum_{i=1}^j M_{i_{\text{вод}}} \cdot 10^{-6} \cdot H_{\text{б}_{i_{\text{вод}}}} \cdot K_{\text{э}_{\text{вод}}} \cdot K_{\text{и}}, \quad (23)$$

где  $M_{i_{\text{вод}}}$  – фактический сброс  $i$ -го загрязняющегося вещества;

$H_{\text{б}_{i_{\text{вод}}}}$  – базовый норматив платы за выброс 1 т  $i$ -го загрязняющегося вещества в пределах установленного лимита;

$K_{\text{э}_{\text{вод}}}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости поверхности водного объекта.

Задача экологического прогнозирования влияния материалопотоков включает определение по величине загрязнений поля концентрации, и по полю концентрации определение соответствующего ему состояния экологического равновесия.

Необходимо иметь некоторый критерий  $Q$ , позволяющий оценивать приемлемый уровень состояния промышленной среды и  $Q_n$  – полезный уровень функционирования материалопотоков. Планируемый выброс загрязнителей  $V$  определит поле концентрации в пределах промплощадки, которому будет соответствовать биоты  $Y$  экосистемы отличное от первоначального  $Y_0$ , тогда  $[Q(Y) - Q(Y_0)]$  приращение полезности состояния экосистемы и критерий  $Q$  имеет вид:

$$Q = [Q_n + Q(Y) - Q(Y_0)]. \quad (24)$$

Правило принятия решения состоит в том, чтобы суммарная полезность мер была положительна, и тогда на основании этого принимается решение продолжать эксплуатацию подвижного состава. Если принимаемые меры отрицательны, необходимо принимать соответствующее решение.

Промышленный транспортный комплекс (ПВК), реализующий потоковые процессы от сырья до готовой продукции создается для эффективной системы управления его экологической безопасностью, защищенностью окружающей природной среды от негативного воздействия его загрязнителей на среду.

Взаимосвязь экологических факторов промышленной площадки материалопотоков, экологической зоны промышленного ситирайона и ситисреды социума показана на рис. 2.

ПВК характеризуется факторами, определяющими образование, распространение и накопление загрязнителей различного вида в пространстве

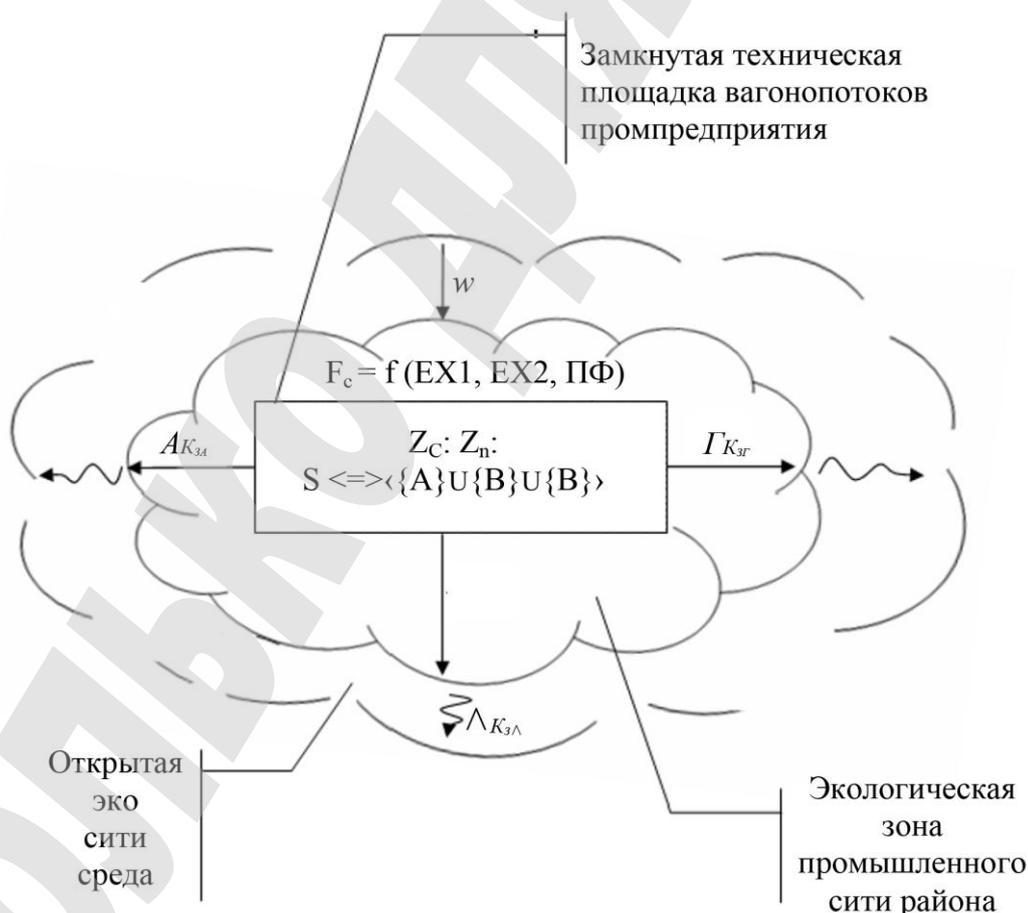
и, в результате, возможность возникновения зон экологической неблагоприятной обстановки, отличающихся по размерам и устойчивости.

Исходя из особенностей ПВК, проведена декомпозиция условий возникновения загрязнителей на две составляющие, отличающиеся способами и условиями образования выбросов загрязнителей:

- подсистему стационарных источников (погрузочно-разгрузочные операции, система ТО и Р);
- подсистему передвижных источников (технология транспортного процесса, неисправности, переставшие в отказы, и воздействие аварий на окружающую среду).

Теоретические принципы (парадигма) логистики и экологичности вагонопотоков промпредприятия включают:

- методы и модели транспортной логистики;
- методы управления надежностью и экологичностью;
- методы оценки ресурса жизненного цикла вагонов;
- методы перекомплектования вагонных парков;
- логистические модели экологичности ремонта;
- методы безопасного и экологичного сопровождения материалопотоков;
- методы выработки решений.



**Рис. 2.** Взаимосвязь системы вагонопотоков транспортной площадки промышленной зоны и объектов экосреды

На рис. 2 показано:

$S \Leftrightarrow \langle \langle \{A\}U\{B\}U\{U\} \rangle \rangle$  – система вагонопотоков промпредприятий и ее составляющие:  $\{A\}$  – множество вагонов и объектов вагонного парка;  $\{B\}$  – множество логистических транспортных вагонопотоков;  $\{U\}$  – множество управляющих решений;

$Z_C; Z_n$  – стационарные и передвижные источники загрязнения в системе  $S$  соответственно;

$A_{ka}; \Gamma_{kr}; \Lambda_{kL}$  – граничные показатели  $A; \Gamma; \Lambda$  атмосферы, гидросферы и литосферы и соответственно их коэффициенты загрязненности среды  $k_a, k_r, k_L$ .

$w$  – внешнее воздействие природной среды на накопление и распространение загрязнения;

$F_c = f(EX1, EX2, ПФ)$  – функциональная связь транспортной и экологической системы ситирайона (совокупность экологических характеристики и передаточной функции ПФ).

Для отображения полученных результатов выполнен SWOT-анализ экспертных оценок состояния транспортной составляющей в условиях промышленных зон, результаты которого приведены на рис. 3.

	№ эксперта										Среднее значение		№ эксперта										Среднее значение
	Эксперт 1		Эксперт 2		Эксперт 3		Эксперт 4		Эксперт 5				Эксперт 1		Эксперт 2		Эксперт 3		Эксперт 4		Эксперт 5		
	балл	ранг	балл	ранг	балл	ранг	балл	ранг	балл	ранг			балл	ранг	балл	ранг	балл	ранг	балл	ранг	балл	ранг	
<b>Сильные стороны</b>																							
<b>Слабые стороны</b>																							
<b>эксперты - периодические издания, исследующие вопрос состояния рынка</b>																							
1	3	5	4	1	2	4	3	2	4	4	9.8	1	2	3	3	4	4	3	2	2	3	5	9.8
2	4	4	3	5	4	2	3	4	3	1	10.8	2	1	2	2	1	2	1	4	4	4	3	6.8
3	3	2	3	2	3	5	3	5	2	3	9.6	3	4	4	1	3	2	2	3	5	3	1	8.2
4	4	1	3	4	4	1	3	3	4	2	7.4	4	3	5	2	5	3	4	4	3	4	4	13
5	3	3	2	3	4	3	4	1	3	5	9.2	5	4	1	3	2	2	5	4	1	1	2	5.2
<b>Угрозы</b>																							
<b>Возможности</b>																							
1	4	5	3	2	3	5	4	1	2	4	10.6	1	4	3	3	5	4	1	2	4	2	3	9
2	3	3	4	1	4	4	3	5	4	2	10.4	2	2	1	4	4	3	5	4	2	1	2	8.6
3	2	1	3	5	3	2	3	2	3	5	8.8	3	2	2	3	2	3	2	3	5	4	4	9.4
4	4	4	4	4	4	1	3	4	4	1	10.4	4	4	4	4	1	3	4	4	1	3	5	10.2
5	2	2	1	3	3	3	2	3	4	3	6.8	5	2	5	3	3	2	3	4	3	4	1	8.2

■ Количественная оценка (от 1 до 4 баллов, где 4 - наибольшее соответствует, а 1 - наименьшее)

■ Ранговая оценка (где наименьшее значение - 1, а наибольшее - 4)

**Рис. 3.** Результат выполнения SWOT-анализа экспертных оценок состояния транспортной составляющей в условиях промышленных зон

Полученные результаты позволяют выделить ряд особенностей природы влияния материалопотоков на среду промышленных зон, сгруппированных в

базовые аналитические группы угроз и возможностей развития исследуемого объекта со средней экспертной оценкой

## **7. SWOT-анализ результатов исследований**

*Strengths.* Кадровые возможности создания мощной инженерной базы и профессиональной команды менеджеров приводит к эффективному использованию информационных технологий, внедрению функций ситилогистики, совершенствованию качества транспортных услуг и созданию специализированного центра управления процессом обеспечения экологической устойчивости объекта.

Позитивный эффект в этом направлении от результатов выполненных исследований заключается в новом подходе к обеспечению экологической устойчивости на основе анализа закономерностей зависимости экологичности от технического состояния подвижного состава как передаточной функции процесса. Это и определяет теоретическую новизну статьи.

*Weaknesses.* Недостаточная эффективность транспортной системы в промышленных зонах определяется спектром факторов, а именно:

- многокритериальность задач, которые характеризуются необходимостью учета степени влияния технического состояния подвижного состава на окружающую среду;

- низкая информационная составляющая транспортно-технологического процесса, которая не дает возможности оперативного управления экологической устойчивостью транспортных процессов.

Разнообразие и степень влияния этих факторов на среду определяется кроме того характером неисправностей, отказов, технологией эксплуатации и восстановительных процессов транспортных единиц.

*Opportunities.* Экологическая ответственность через экологический менеджмент призвана выявить потенциалы экологического характера для успеха предприятия, его преимущества в области ресурсосбережения, обеспечения экологической безопасности, а также связанные с его деятельностью экологические риски. Это является основанием при определении долгосрочных целей и обеспечения их реализации посредством применения продуманной системы мер и инструментов.

Авторы полагают, что результаты исследований имеют возможность быть реализованными в транспортных системах в условиях метастабильной экономической среды промышленных зон, которым свойственно высокая динамика процессов. Практическая реализация результатов при их внедрении в систему управления позволит получить комплексную оценку загрязненности природной ситисреды.

Представленные теоретические зависимости для расчета комплексной оценки загрязненности природной ситисреды могут вызвать интерес и быть полезными для других стран с позиции уникальности подхода к учету технических, технологических и экологических составляющих системы материальных потоков промышленных зон.

*Threats.* К угрозам, которые препятствуют внедрению результатов исследования относятся:

- слабое стратегическое планирование деятельности и его развитие;
- существенная зависимость финансового состояния от объемов заказов нескольких крупнейших потребителей;
- слабая правовая база, регламентирующая экологическую безопасность деятельности объекта;
- внедрение зарубежных инновационных решений в деятельность объекта;
- интенсивное обновление, существующих механизмов экологической защиты.

## **8. Выводы**

1. Сформулированы особенности экологической характеристики промышленной транспортной площадки с элементами, ограничивающими ее адекватность, заключающиеся в зависимости показателей окружающей среды системы материалопотоков от величины всех действующих факторов. К таким факторам отнесены:

- несовершенство технологии перевозочного процесса;
- сверхнормативные сроки простоя;
- недостаточный темп изменения структуры транспортных парков;
- потери части продукции;
- использование подвижного состава с неисправностями;
- отказы подвижного состава;
- аварии и их последствия;
- потери утечки продукции;
- загрязнение на пунктах подготовки и ремонта подвижного состава.

2. Сформирован механизм количественной оценки техногенного влияния материальных потоков на среду ситирайонов, учитывающий связь между техногенными факторами материальных объектов материалопотоков промпредприятия и окружающей средой. Эта связь реализуется через передаточную функцию, которая корректирует явления рассеивания, трансформации и других преобразований.

3. Разработан механизм определения комплексной оценки загрязненности природной ситисредна на основе показателя загрязнения среды по коэффициентам загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы.

4. Сформирован критерий, позволяющий оценивать приемлемый уровень состояния промышленной среды, учитывающий планируемый выброс загрязнителей в пределах промплощадки.

Таким образом, анализ влияния систем материалопотоков на окружающую среду позволяют сделать вывод о том, что снижение уровня вредного воздействия на экосистему промышленной зоны возможно в случае ее стойкости для блокирования влияния факторов транспортной системы материалопотоков, внешних и внутренних влияний. А также, если она будет достаточно внутренне разнообразно организована, а дальнейшие исследования будут направлены на то, чтобы выявить зависимость свойств или показателей окружающей среды системы материалопотоков от величины действующих факторов.

## Литература

1. Czamanski, S., Ablas, L. A. de Q. (1979). Identification of Industrial Clusters and Complexes: a Comparison of Methods and Findings. *Urban Studies*, 16 (1), 61–80. doi: <https://doi.org/10.1080/713702464>
2. Bergman, E. M., Feser, E. J. (1999). *Industrial and Regional Clusters: Concepts and Comparative Application*. West Virginia University.
3. Лямзін, А. О. (2008). *Ефективність транспортної системи промислового району в припортовому логістичному ланцюгу поставки зернових*. Харків, 21.
4. Lyamzin, A., Khara, M., Marintseva, K. (2016). Synergetic character of architectural elements of transportation networks of industrial areas. *Proceedings of the National Aviation University*, 68 (3), 80–88. doi: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.68.10920>
5. Лямзін, А. О., Хара, М. В. (2019). Базові принципи впливу транспортних процесів на екосистему вулично-дорожнього середовища промислових зон. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, 7, 69–74. Available at: <https://www.sworld.com.ua/meait/issue07-02.pdf>
6. Костянецький, К. П. (1969). *Развитие транспорта в металлургии*. М.: Металлургиздат. 332.
7. Thoma, L. (1995). *City-Logistik: Konzeption – Organisation – Implementierung*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. [u.a.], 283. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-322-99450-9>
8. Голицын, Г. А., Петров, В. М. (1991). *Информация – поведение – творчество*. М.: Наука, 224.
9. Movchan, Ya. (1999). The way forward: How to profile the relationship between biodiversity and economy in the Environment for Europe Ministerial Process. *Proceedings of the European Conference «Globalisation, Ecology and Economy»*. Bridging World, 77–85.
10. Albert, R. E., Train, R. E., Anderson, E. (1977). Rationale Developed by the Environmental Protection Agency for the Assessment of Carcinogenic Risks. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 58 (5), 1537–1541. doi: <https://doi.org/10.1093/jnci/58.5.1537>
11. Bartke, S., Schwarze, R. (2015). No perfect tools: Trade-offs of sustainability principles and user requirements in designing support tools for land-use decisions between greenfields and brownfields. *Journal of Environmental Management*, 153, 11–24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.040>
12. Пузаченко, Ю. Г. (1989). *Экосистемы в критических состояниях*. М.: Наука, 155.
13. Maskell, P., Kebir, L. (2006). What qualifies as a cluster theory. Cluster and Regional Development. *Critical reflections and explorations*. New York: Routledge, 30–49.
14. Гальперин, М. В. (2005). *Экологические основы природопользования*. М.: Наука, 256.